УДК 377.378

МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИЗИКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫПУСКНИКА УНИВЕРСИТЕТА И ЕГО НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

М.П. Ланкина, М.Г. Потуданская, М.О. Писарев

Омский государственный университет
E-mail: lankina@univer.omsk.su, margarita_lankin@mail.ru

Приводятся результаты факторного анализа анкет выпускников Омского государственного университета и их научных руководителей по соответствию квалификационной характеристике физика (специальность 010400). Анализируется динамика модели деятельности физика с точки зрения респондентов в течение семи лет.

В связи с введением в действие Концепции модернизации российского образования, а также с развитием интеграционных процессов в области высшего профессионального образования возникла необходимость провести анализ модели деятельности выпускника физического факультета классического университета, представленной в Государственных образовательных стандартах (ГОС) уже двух поколений [1, 2], а также выявить степень соответствия выпускников физического факультета квалификационной характеристике физика-исследователя. Результаты такого анализа необходимы в качестве первого этапа разработки технологии обучения физике в высшей школе, в частности, для представления требований к уровню подготовки выпускника высшей школы в диагностируемой форме. Этот подход может быть использован для любой специальности высшего профессионального образования.

Каждая из редакций ГОС имеет свои достоинства и недостатки. В ГОС первого поколения (1995 г.) общие требования к образованности специалиста представлены более дифференцировано, и вместе с тем более компактно, чем в Стандарте второго поколения. В новой редакции ГОС квалификационная характеристика выпускника разнесена по разделам 1 (Общая характеристика специальности) и 7 (Требования к уровню подготовки выпускника по специальности 010400 Физика), несколько ее пунктов смягчены и объединены, усилено отношение «человек – окружающая среда». В характеристике научно-исследовательской деятельности выпускника компоненты научного исследования поставлены в один ряд с научным исследованием как целым. Несомненным достоинством ГОС нового поколения является то, что в квалификационную характеристику выпускника включена педагогическая деятельность, для которой указаны конкретные виды, связанные с преподаванием в высшей школе. Правда, приведенное далее содержание подготовки никак не способствует освоению выпускником педагогической деятельности. Предполагается, что все педагогические знания и умения студент, аспирант или обучающийся в магистратуре приобретет в ходе освоения дополнительных образовательно-профессиональных программ «Преподаватель» и «Преподаватель высшей школы», для которых разработаны отдельные стандарты и не предусмотрено федеральное финансирование.

Поскольку в ГОС первого поколения требования к подготовке выпускника более дифференцированы и относятся к одной степени общности, то именно эта квалификационная характеристика была положена в основу анкеты выпускника и его научного руководителя. В 1997 г. было проведено анкетирование 30 студентов пятого курса и аспирантов первого года обучения физического факультета ОмГУ. Выпускникам предлагалось оценить степень сформированности у себя каждого из 18 умений, перечисленных в квалификационной характеристике (используемая шкала – умение выражено ярко, средне, слабо, отсутствует). Еще 30 анкет были предложены научным руководителям их дипломных и диссертационных работ. Руководители должны были оценить своих дипломников и аспирантов по этим же показателям.

Приведем перечень пунктов анкеты выпускника и научного руководителя. Выпускник [1]:

1. Знаком с основными учениями в области гуманитарных и социально-экономических наук, способен научно анализировать социально значимые проблемы и процессы, умеет использо-

вать методы этих наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.

2. Знает основы Конституции РФ, этические и правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде, умеет использовать их при разработке экологических и социальных проектов.
3. Имеет целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в неживой и живой природе, понимает возможности современных научных методов познания природы и владеет ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций.
4. Способен продолжить обучение и вести профессиональную деятельность в иноязычной среде.
5. Имеет научное представление о здоровом образе жизни, владеет умениями и навыками физического самосовершенствования.
6. Владеет культурой мышления, знает его общие законы, способен в письменной и устной речи правильно (логично) оформить его результаты.
7. Умеет на научной основе организовать свой труд, владеет компьютерными методами сбора, хранения и обработки (редактирования) информации, применяемыми в сфере профессиональной деятельности.
8. Понимает сущность и социальную значимость своей будущей профессии, основные проблемы дисциплин, определяющих конкретную область его деятельности, видит их взаимосвязь в целостной системе знаний.
9. Способен к проектной деятельности в профессиональной сфере, знает принципы системного анализа, умеет строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ.
10. Способен поставить цель и сформулировать задачи, связанные с реализацией профессиональных функций, умеет использовать для их решения методы изученных им наук.
11. Готов к кооперации с коллегами по работе в коллективе, знаком с методами управления, умеет организовать работу исполнителей. Находить и принимать управленческие решения в условиях различных мнений, знает основы педагогической деятельности.
12. Методически и психологически готов к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, работе над междисциплинарными проектами.
13. Достиг уровня современного понимания структурной организации материи, фундаментальных физических законов, физических явлений и эффектов.
14. Владеет идейным фундаментом современной физики в его качественном и количественном выражении, достаточным для самостоятельного комбинирования и синтеза различных идей, творческого самовыражения.
15. Владеет знаниями фундаментальных явлений и эффектов в области физики, экспериментальными, теоретическими и компьютерными методами исследований в этой области, способен выполнять под руководством научного руководителя определенный комплекс самостоятельных исследований.
16. Способен самостоятельно или в системе дальнейшего образования изучать специальные проблемы физики, разрабатываемые отечественной и зарубежной наукой и техникой, новые методы исследований.
17. Владеет современными информационными технологиями.
18. Знает и умеет использовать научную литературу по физике в объеме, достаточном для выполнения самостоятельных научных исследований.

При обработке анкет выпускников и научных руководителей использовался факторный анализ [3].

Применение многомерной статистики, в том числе факторного анализа, позволяет не только установить пределы достоверных изменений полученных величин и степень взаимозависимости между параметрами, но и выявить скрытые параметры, разделить выборку на подклассы, поэтому анализ с использованием подобного метода считаем перспективным.

Основные задачи, выполняемые посредством факторного анализа: во-первых, сокращение (редукция) числа переменных; во-вторых, определение взаимосвязей между переменными. Факторный анализ дает возможные гипотезы о структуре взаимосвязи переменных, без каких-либо предположений об этой структуре заранее. Полученные гипотезы проверяются в ходе последующих исследований.

До проведения факторного анализа исходные данные проверяются на наличие нормального распределения по критерию χ^2 («хи-квадрат»). В основе факторного анализа лежит преобразование матрицы исходных данных (Y) в матрицу факторных значений (P). При этом вместо абсолютных значений параметров целесообразно использовать их нормированные значения, составляющие нормированную матрицу (Z).

Пункты анкет именовались параметрами и обозначались номерами (1–18). Для проведения факторного анализа степени выраженности соответствующих умений (качеств выпускника) были обозначены следующим образом: ярко – 4, средне – 3, слабо – 2, отсутствует – 1. В табл. 1 приведены математические ожидания и среднеквадратичные отклонения для каждого параметра, полученные при обработке анкет выпускников и научных руководителей.

Исходным пунктом факторного и компонентного анализа является матрица коэффициентов корреляции:

$$r_{ik} = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n} z_{ij} z_{jk},$$

где r_{ik} – элементы корреляционной матрицы, z_{ij}, z_{jk} – элементы нормированной матрицы, n – количество параметров.

Далее, предполагая некоррелированность факторов, получаем в соответствии с теоремой Терстоуна выражение связи между корреляционной матрицей и матрицей весовых нагрузок (А): $R=AA^{T}$.

При нахождении весовых нагрузок и значений факторов использовался метод главных компонент с последующим выделением общих и специфических факторов, в которые параметры входят с весовыми нагрузками, по модулю большими 0,5.

При этом элементы матрицы А определяют вклад факторов в формирование переменных: Z=AP, или:

$$z_{ij} = a_{i1}p_{1j} + a_{i2}p_{2j} + ... + a_{ir}\,p_{rj},$$

где P – матрица факторов, а p_{lj} – элементы матрицы P.

Таблица 1. *Результаты анкетирования выпускников физфака и их научных руководителей по пунктам квалификационной характеристики (1997 и 2004 гг.)*

Параметр	Выпускник				Руководитель			
	Математич. ожидание		Среднеквадрат. отклонение		Математич. ожидание		Среднеквадрат. отклонение	
	1997 г.	2004 г.	1997 г.	2004 г.	1997 г.	2004 г.	1997 г.	2004 г.
1	3,17	3,00	0,699	0,286	2,37	3,15	1,217	0,130
2	2,87	2,64	0,819	0,372	1,87	3,00	1,383	0,000
3	3,67	3,29	0,547	0,204	3,03	3,31	0,556	1,213
4	2,70	3,00	0,952	0,857	2,63	3,54	1,229	0,249
5	3,43	3,43	0,817	0,245	2,40	3,31	1,404	0,675
6	3,53	3,50	0,681	0,250	3,03	3,62	0,669	0,237
7	3,47	3,79	0,681	0,168	3,27	3,85	0,691	0,130
8	3,23	3,14	0,898	0,551	3,13	3,46	0,730	0,249
9	3,03	2,93	0,809	0,352	2,77	3,08	0,898	0,071
10	3,40	3,21	0,621	0,454	2,97	2,85	0,964	0,438
11	3,37	3,07	0,809	0,352	2,93	2,31	0,828	0,213
12	2,97	3,29	0,928	0,347	3,23	2,77	0,774	0,331
13	3,33	3,00	0,758	0,286	2,80	3,38	0,805	0,237
14	3,03	2,86	0,718	0,408	2,80	3,00	0,887	0,154
15	3,50	3,57	0,731	0,245	3,03	3,38	0,809	0,237
16	3,33	3,21	0,711	0,168	2,93	3,62	0,828	0,237
17	3,30	3,57	0,750	0,245	3,00	3,54	0,871	0,556
18	3,80	3,50	0,484	0,250	2,97	3,62	0,890	0,237
Среднее значение	3,29	3,22	0,745	0,336	2,84	3,26	0,917	0,255

Под фактором понимается некоторая гипотетическая величина, которая не может быть измерена в ходе эксперимента, чаще всего по объективным причинам, но влияющая на ряд параметров, характеризующих системы и измеряемых в эксперименте. Чаще всего на один параметр влияет несколько факторов. Справедливо и обратное – фактор наполняется несколькими переменными.

Из табл. 1 видно, что самооценка готовности выпускников к профессиональной деятельности в 1997 г. в целом выше, чем их оценка научными руководителями. Исключение составляет параметр 12 (гибкость профессиональной подготовки). Самый большой разброс в оценках выпускников обнаружен по параметрам 4 (готовность работать в иноязычной среде) и 12. У руководителей наиболее значительные среднеквадратичные отклонения получены по параметрам 1, 2, 4 и 5 (гуманитарный и социально-экономический блоки умений), то есть по таким качествам выпускника, с которыми научный руководитель сталкивается в наименьшей степени.

В ходе обработки результатов были построены матрицы коэффициентов корреляции между параметрами по анкетам выпускников и руководителей, а на их основе получены оценки факторных нагрузок.

В результате факторного анализа с варимакс-вращением для анкет выпускников 1997 г. получено 6 факторов, а для анкет научных руководителей – 4 фактора (табл. 2). В табл. 2 и 3 указаны только те весовые нагрузки, которые по модулю превышают 0,5.

Из табл. 2 видно, что в анкетах студентов параметры сгруппированы следующим образом. Первый фактор можно назвать проектировочно-гностическим, он включает 3, 7, 9, 10 и 15 параметры. Второй фактор – социальный, объединяет 1, 2 и 8 параметры. В третьем факторе причудливо сочетаются параметр 5 (здоровый образ жизни) и параметры 13, 14, 16 (мировоззрение, познавательные возможности, творчество). Четвертый фактор – коммуникативный – представляет собой сочетание параметра 4 (работа в иноязычной среде) и параметра 11 (умение работать в коллективе). Пятый фактор – информационный – объединяет параметры 17 и 18. Шестой фактор – мыслительно-операционный – связан только с параметром 6. Перечисленные 6 факторов несут основной объем информации о диагностируемой системе.

Существенным является тот факт, что ни в один фактор не входит параметр 12. Ответ на вопрос 12 в сознании выпускника не коррелирует с ответами на другие вопросы и не занимает достаточно места.

В анкетах руководителей умения выпускников сгруппированы иначе (таблица 2). Первый фактор объединяет параметры 3, 5–7, 9, 10, 13-18. Этот фактор значительно полнее и точнее, чем у выпускников, соответствует проектировочным, гностическим, организационным умениям на уровне творческого самовыражения, а также включает мировоззренческие компоненты. Второй фактор – гуманитарный – связан с параметрами 1, 2 и 5. Третий фактор включает параметры 3, 4, 8–11, 14. Наконец, четвертый фактор связан с параметром 12 (профессиональная гибкость).

В ГОС специальности 010400 второго поколения [2] приведена другая редакция квалификационной характеристики физика-исследователя. Все пе-

Таблица 2. *Оценки факторных нагрузок по анкетам выпускников и руководителей (1997 г.)*

Параметры	Факторы по анкетам									
	Выпускников						Руководителей			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
1	–	0,759	–	–	–	–		0,740		
2	–	0,718	–	–	–	–		0,888		
3	0,666	–	–	–	–	–	0,531		–0,578	
4	–	–	–	0,824	–	–			–0,676	
5	–	–	0,826	–	–	–	0,536	0,564		
6	–	–	–	–	–	0,756	0,623			
7	0,804	–	–	–	–	–	0,804			
8	–	0,766	–	–	–	–			–0,719	
9	0,770	–	–	–	–	–	0,503		–0,686	
10	0,775	–	–	–	–	–	0,643		–0,575	
11	–	–	–	–0,559	–	–			–0,761	
12	–	–	–	–	–	–				0,784
13	–	–	–0,606	–	–	–	0,530			
14	–	–	–0,622	–	–	–	0,724		–0,584	
15	0,797	–	–	–	–	–	0,830			
16	–	–	–0,591	–	–	–	0,718			
17	–	–	–	–	0,735	–	0,837			
18	–	–	–	–	0,883	–	0,805			

речисленные в ней знания и умения выпускника дают весовые нагрузки, формирующие первый и третий факторы по результатам анкетирования научных руководителей (таблица 2). Этот факт свидетельствует не только о том, что научные руководители лучше представляют характер деятельности выпускника, но и о том, что квалификационная характеристика физика-исследователя в ГОС второго поколения в целом соответствует модели выпускника с точки зрения его научного руководителя.

С 1997 по 2004 гг. на физическом факультете ОмГУ внедрялась системно-деятельностная метамодель подготовки физиков и преподавателей физики, разработанная одним из авторов статьи. Дидактический и методический уровни этой модели включают методику обучения общей физике, а также дополнительную образовательно-профессиональную программу «Преподаватель физики» по проекту того же автора. Процесс обучения студентов общей физике и спецкурсам «Логика», «Нестандартные задачи школьной физики», «Методика преподавания физики», «Технология обучения физике в вузе» направлен на формирование когнитивных ключевых квалификаций физика и преподавателя физики – логических и эвристических приемов мышления, метазнаний о процессе научного исследования. Разработана и внедрена в учебный процесс система заданий на конструирование учебных и научных задач, алгоритмов деятельности по их решению, на выявление и структурирование категориального аппарата научных задач; структурно-генетический анализ научных задач, решаемых студентами, аспирантами и магистрантами в ходе выполнения курсовых, дипломных и диссертационных работ.

В 2004 г. проведено аналогичное анкетирование выпускников физического факультета ОмГУ и их научных руководителей с целью выявления соответствия квалификационной характеристике физика. Результаты обработки анкет с помощью факторного анализа приведены в табл. 1 и 3. Таким образом, у нас есть возможность сравнить результаты исследований и проследить динамику изменений самооценки выпускников и оценок, поставленных им научными руководителями.

Из табл. 1 видно, что самооценка выпускников в целом не изменилась. Несколько повысилась самооценка знания иностранных языков и современных информационных технологий, а также способности организовать свой труд и способности изменить род своей деятельности. Зато понизилась самооценка в областях гуманитарного знания, целостности представлений о природе, кооперации с коллегами и умения использовать научную литературу. Наряду с этим наблюдается явное повышение оценки выпускников научными руководителями (кроме способности ставить цели, кооперироваться с коллегами и изменить род деятельности).

Сравнение среднеквадратичных отклонений результатов 1997 и 2004 гг. выявило заметные отличия в характере ответов и выпускников, и их научных руководителей. Разброс оценок в исследовании 2004 г. в среднем уменьшился в три раза по отношению к предыдущему анкетированию. Наблюдается изменение разброса по каждому параметру. Особенно сильно изменение разброса ответов научных руководителей.

Небольшая величина отклонений самооценок студентов свидетельствует о том, что сами себя они характеризуют в целом одинаково по отношению к внешней шкале. В то же время выпускники не имели возможности сравнивать свои ответы с чужими. Таким образом, низкая величина отклонений не свидетельствует о том, что выпускники считают себя равными друг другу.

Дисперсия ответов научных руководителей может говорить об их представлении о потоке в целом. Благодаря тому, что каждый научный руководитель имеет несколько дипломников, он имеет возможность косвенно задать сравнительную характеристику своих дипломников. Так, низкая величина среднеквадратичных отклонений оценок руководителей показывает равенство студентов в потоке.

Таблица 3. *Оценки факторных нагрузок по анкетам выпускников и руководителей (2004 г.)*

Параметры	Факторы по анкетам			
	Выпускников			Руководителей
	1	2	3	1
1	–	–	–	0,736
2	–	–	–	–
3	0,700	–	–	–
4	0,644	–	–	–
5	–	–	–	–
6	0,514	–	–	–
7	0,633	–	0,530	–
8	0,515	–	–	0,703
9	–	0,577	–	0,665
10	0,821	–	–	–
11	–	0,509	–	–
12	0,508	–	–	–
13	0,668	–	–	0,534
14	–	0,530	–	0,623
15	–	–	–	0,806
16	–	0,757	–	0,769
17	–	0,615	–	0,591
18	0,623	–	–	0,769

Наконец, для полноты сравнения, необходимо рассмотреть факторы, полученные в исследовании 2004 г. Из табл. 3 видно, что параметры в анкетах выпускников объединены в три группы. Первая представляет собой наиболее значимый фактор. В нее входят 3, 4, 6–8, 10, 12, 13 и 18 параметры. Данный фактор группирует параметры, характеризующие личные проектировочно-гностические, мыслительные, ориентировочно-коммуникативные умения, необходимые в будущей профессиональной деятельности выпускника, а также профессиональную гибкость. Второй фактор объединяет 9, 11, 14, 16 и 17 параметры. Этот фактор соответствует умениям будущего научного руководителя проектировать научную работу коллектива – обладание научным кругозором, владение системным моделированием и многосторонним синтезом, умение формулировать научные задачи, организовать работу коллектива, принимать управленческие решения. И, наконец, третий фактор определяется умением организовать свой труд на научной основе.

Таким образом, согласно факторам, выделенным по ответам выпускников, можно обнаружить у выпускников 2004 г. ярко выраженную озабоченность своим будущим. Так, оба весомых фактора группируют параметры, характеризующие личную профессиональную деятельность физика-исследователя и деятельность руководителя научного коллектива.

Анкеты руководителей выявили всего одну группу параметров. В нее входят 1, 8, 9, 13–18 параметры. Этот фактор более полно, чем в ответах выпускников, характеризует ключевые квалификации физика-исследователя.

Особенно следует отметить неполноту вхождения параметров в факторы. Так, при анализе анкет выпускников, параметры 1, 2, 5 и 15 не были использованы при построении факторной модели выпускника. Параметры 2–7, 10–12 не использовались при анализе анкет научных руководителей. Это может говорить о низкой значимости соответствующих параметров. Например, знания основ конституции и представления о здоровом образе жизни не принимаются во внимание ни теми, ни другими.

Интересен тот факт, что, несмотря на коренные отличия в причинах формирования дисперсии оценок выпускников и научных руководителей, в целом поведение разбросов этих оценок схоже. Этот факт заставляет предположить, что обе характеристики каким-либо образом связаны между собой (например, имеют общую причину). С некоторой вероятностью можно предположить, что это обусловлено внедрением на физическом факультете ОмГУ системно-деятельностной метамодели подготовки специалистов. Однако для достоверного вывода только этой методики исследования недостаточно: необходимо дополнить ее другими методами – поэлементным и пооперационным анализом микроструктуры деятельности физика-исследователя и преподавателя физики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 010400 – Физика (третий уровень высшего профессионального образования). – М., 1995.
2. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Специальность 010400 Физика. Квалификация – физик. – М., 2000. (http: //www.db.informika.ru).
3. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – 400 с.